

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-043829

(43)Date of publication of application : 14.02.1997

(51)Int.Cl. G03F 1/08
G03F 1/16
H01L 21/027

(21)Application number : 07-197543

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 02.08.1995

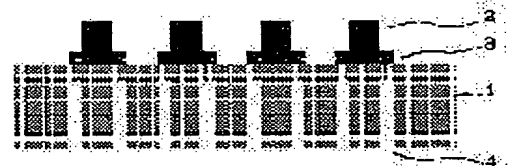
(72)Inventor : MIYAKE AKIRA
CHIBA KEIKO

(54) MASK, EXPOSURE DEVICE USING THE SAME AND PRODUCTION OF DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To sharpen the intensity distribution shape of exposing light to be absorbed in a resist and to obtain a mask with which an improvement in exposure resolution is possible by varying the thickness of a transmission body formed with mask patterns according to the patterns.

SOLUTION: The front surface of a membrane 1 is provided with absorbers 2 which are transfer patterns and phase shifts 3 on both sides thereof. Differences in level provided with holes 4 in the positions corresponding to these phase shifters 3 are formed on the rear surface of this membrane 1. The membrane 1 is so formed as to nearly satisfy the relations $t_m = \pm k_s \times \lambda / (2 \times k_m \times \delta s - k_s \times \delta m)$, $t_s = \pm k_m \times \lambda / (2 \times (k_s \times \delta m - k_m \times \delta s))$ (double signs in the same order) where the difference in level of the parts varying in the thickness of the membrane 1 is defined as t_m , the thickness of the phase shifters 3 as t_s , the complex refractive index of the membrane 1 as $1 - \delta m - i k_m$, the complex refractive index of the phase shifters 3 as $1 - \delta s - i k_s$ and the wavelength of radiation as λ .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3267471

[Date of registration] 11.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-43829

(43) 公開日 平成9年(1997)2月14日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 3 F	1/08		G 0 3 F	1/08 A
	1/16			1/16 A
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L	21/30 5 0 2 P 6 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-197543

(22) 出願日 平成7年(1995)8月2日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 三宅 明

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ

ノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者 千原 啓子

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ

ノン株式会社小杉事業所内

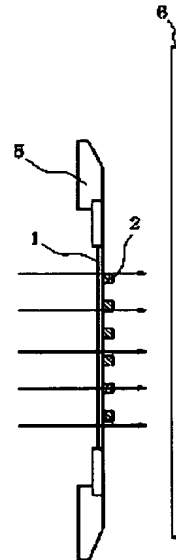
(74) 代理人 弁理士 丸島 敏一

(54) 【発明の名称】 マスク、これを用いた露光装置やデバイス生産方法

(57) 【要約】

【課題】 露光解像度を大幅に向上させることができる。X線や真空紫外線などに適した位相シフトマスクの提供。

【解決手段】 位相シフトパターンのある部分のメンブレンを薄くし、位相シフトした露光光の強度と位相シフトしなかった露光光の強度とをほぼ等しくする。干渉効果によりレジストに吸収される露光光の強度分布がシャープなものとなり、露光解像度を大幅に向上させることができる。



(2)

特開平9-43829

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクパターンを形成した透過体の厚さを、パターンに応じて異ならせたことを特徴とするマスク。

【請求項2】 吸収体パターンを支持する透過体に、該吸収体よりも放射線吸収率が小さい位相シフトを設け、該位相シフトを設けた部位の透過体の厚さを他の場所より薄くしたことを特徴とするマスク。

【請求項3】 位相シフトが設けてある部分を透過した放射線と、透過体のみの部分を透過した放射線とが、強度がほぼ等しく且つ位相がほぼπラジアン異なるように設定していることを特徴とする請求項2記載のマスク。

【請求項4】 透過体の厚さの異なる部分の段差を t 、位相シフトの厚さを t_s 、透過体の複素屈折率を $1-\delta_m-i k_m$ 、位相シフトの複素屈折率を $1-\delta_s-i k_s$ 、放射線の波長を λ としたとき、

$$t_m = \pm k_s \times \lambda / (2 \times (k_m \times \delta_s - k_s \times \delta_m))$$

$$t_s = \pm k_m \times \lambda / (2 \times (k_s \times \delta_m - k_m \times \delta_s)) \quad (\text{符号同順})$$

の関係をはば満たすことを特徴とする請求項3記載のマスク。

【請求項5】 吸収体と位相シフトを同一材料としたことを特徴とする請求項2～4のいずれか記載のマスク。

【請求項6】 放射線はX線もしくは真空紫外線であることを特徴とする請求項2～5のいずれか記載のマスク。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか記載のマスクを用いてウエハにパターンを露光転写転写する手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項8】 請求項1～6のいずれか記載のマスクを用いてデバイスを生産することを特徴とするデバイス生産方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体素子などのデバイスを生産するためのリソグラフィ工程で使用するマスク、特に位相シフト法を用いた露光用のマスクの技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】 デバイスの製造において、ますます微細化するパターンの露光転写精度を向上させるため、光学的な干渉効果を利用して転写解像度を向上させる位相シフト露光技術が注目されている。

【0003】 例えば特開平5-3146号公報では、X線の干渉効果を利用したX線露光用の位相シフトマスクを提案している。これは図10に示すように、X線透過膜（メンブレン）1上の吸収体パターン2の側壁に、吸収体2とはX線の透過率が異なる物質からなる位相シフト層3を設けたものである。例えば、メンブレン1としては3μm厚さの窒化シリコンが、吸収体2としては0.7μm厚

2

さのタンゲステンが、位相シフト層3としては幅0.125μmで厚さ0.7μmの酸化タンタル等が用いられる。

【0004】 位相シフト層3とメンブレン1とを透過したX線は、メンブレン1のみを透過したX線と比べて位相がおおよそπだけ異なるように設計されており、これらのX線が干渉することによってレジストに吸収されるX線の強度分布形状がシャープなものとなるため、露光解像度が向上する原理である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の位相シフトマスクにおいては次のような解決すべき課題がある。すなわち、位相シフト層3とメンブレン1とを透過したX線は、メンブレン1のみを透過したX線に比べて位相シフト層3によるX線吸収によって強度が低下する。したがって位相シフト法における干渉効果が完全なものとはならず、現実的には、レジストに吸収されるX線の強度分布形状はそれほどシャープなものとはならない。

【0006】 図11はその様子を示すグラフ図である。図11(A)のグラフは図10の位相シフトマスクを透過した直後のX線の電場の分布である。シフトを透過したX線は位相が反転しているが、振幅が小さくなっている。マスクを透過したX線は数十μm離れたレジストを露光する。図11(B)のグラフはレジスト上のX線の電場の分布である。レジスト上のX線の分布はX線の回折等の効果によってマスク直後の分布より鈍ったものとなっている。図11(C)のグラフはレジスト上のX線の強度の分布である。レジスト上のX線強度はX線の電場の2乗に比例する。図11(D)のグラフはネガ型のレジストをこのマスクで露光した場合の、最終的に得られるレジスト断面形状を示す。このように従来の位相シフトマスクを用いた場合には、レジストに吸収されるX線の強度分布があまりシャープなものとはならず、得られるレジストパターンは形状が崩れるため、期待されるほどの解像度は得られない。

【0007】 本発明は上記従来の技術が有する課題を解決すべくなされたものであり、その目的は、レジストに吸収される露光の強度分布形状をシャープなものとし、露光解像度を大幅に向上することができるマスクや、該マスクを用いた露光装置、デバイス生産方法などを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決する本発明のマスクは、マスクパターンを形成したメンブレンの厚さを、パターンに応じて異ならせたことを特徴とするものである。

【0009】 また、本発明のマスクの別の形態は、吸収体パターンを支持する透過体に、該吸収体よりも放射線吸収率が小さい位相シフトを設け、該位相シフトを設けた部位の透過体の厚さを他の場所より薄くしたことを特

(3)

特開平9-43829

3

微とするものである。

【0010】ここで、位相シフトが設けられている部分を透過した放射線と、透過体のみの部分を透過した放射線とが、強度がほぼ等しく且つ位相がほぼπラジアン異なるように設定していることが好ましい。さらには透過体の厚さの異なる部分の段差を t_m 、位相シフトの厚さを t_s 、透過体の複素屈折率を $1-\delta m-i k m$ 、位相シフトの複素屈折率を $1-\delta s-i k s$ 、放射線の波長を λ としたとき、

$$t_m = \pm k s \times \lambda / (2 \times (k m \times \delta s - k s \times \delta m))$$

$$t_s = \pm k m \times \lambda / (2 \times (k s \times \delta m - k m \times \delta s)) \quad (\text{複号同順})$$

の関係をほぼ満たすことが好ましい。

【0011】また、吸収体と位相シフトを同一材料とすることが、放射線はX線もしくは真空紫外線とすることが好ましい。

【0012】また本発明の露光装置は、上記マスクを用いてウエハにパターンを露光転写転写する手段を有することを特徴とするものである。

【0013】また本発明のデバイス生産方法は、上記マスクを用いてデバイスを生産することを特徴とするものである。

$$t_m = \pm k s \times \lambda / (2 \times (k m \times \delta s - k s \times \delta m)) \quad \dots (1)$$

$$t_s = \pm k m \times \lambda / (2 \times (k s \times \delta m - k m \times \delta s)) \quad \dots (2)$$

となる。

【0017】マスクの製造し易さや破損しにくさを考えると、シフトの厚さやメンブレンの段差はできるだけ小さいほうが望ましい。そのためにはメンブレンの複素屈折率の虚部と実部の比とシフトの複素屈折率の虚部と実部の比との差が大きいことが望ましい。メンブレンの材料としてはX線吸収が小さく機械的な強度が大きく且つX線照射等に対して寸法安定性が高いことなどが要求される。X線露光で使用する1nm程度の波長領域では、窒化シリコン(Si_3N_4)や炭化ケイ素(SiC)、窒化ホウ素(BN)、ダイヤモンド等の材料が好ましい。位相シフトの材料としては、金、白金、銀、パラジウム、タンゲステン、モリブデン、タンタル、ニッケル、クロム、チタン、ベリリウム等各種の金属やその化合物などが好ましい。

【0018】＜実施例1＞本発明のより具体的な実施例を説明する。図1は位相シフトマスクを用いた露光の概念図である。フレーム5によってメンブレン1を支持し、該メンブレン上に放射線吸収体2からなる転写パターンを形成している。このマスクに近接してウエハ6を配置して、X線を照射することによってウエハに露光転写を行う。

【0019】図2は図1の位相シフトマスクの部分拡大図である。メンブレン1表面に転写パターンとなる吸収体2と、その両脇に位相シフト3を設け、メンブレン1裏面には位相シフト3に対応する位置に孔4を設けて段

4

*【0014】

【発明の実施の形態】本発明のマスクの基本的な原理は、位相シフト層を透過した露光光の強度と位相シフト層を透過しなかった露光光の強度とをほぼ等しくすることである。これを達成するためには、位相シフトのパターンのある部分のメンブレンを部分的に薄くして（段差を設け）この部分での吸収を小さくし、露光光が位相シフト部を透過する時の吸収を打ち消すようにすればよい。

【0015】以下の説明では露光光としてX線を例にとるが、これに限らず真空紫外線、あるいは更に波長の長い紫外光や可視光などにも適用可能である。

【0016】例えば露光光をX線とすると、波長 λ のX線が複素屈折率が $n=1-\delta-i k$ で厚さ t の物質を透過した場合、透過したX線の強度は $\exp(-4\pi k t / \lambda)$ 倍になり、位相は $2\pi \delta t / \lambda$ radだけ変化する。これらの関係式を用いれば、位相シフト部を透過したX線と過パターン部を透過したX線の、位相差が $\pm \pi$ radで強度が等しくなる条件は、メンブレンの段差を t_m 、位相シフトの厚さを t_s 、メンブレンの複素屈折率を $1-\delta m-i k m$ 、シフトの複素屈折率を $1-\delta s-i k s$ 、X線の波長を λ としたとき、

差を形成している。メンブレン1は厚さ2μmの窒化シリコン(Si_3N_4)膜、吸収体2は厚さ1μmの金、位相シフト3はクロム(Cr)である。

【0020】波長1nmのX線に対する各物質の屈折率は、

$$\begin{array}{lll} \text{Si}_3\text{N}_4 & n=1 & -0.00044 \quad -0.000034i \\ \text{Cr} & n=1 & -0.00088 \quad -0.00025i \end{array}$$

である。

【0021】このとき、先の式(1),(2)から、最適なメンブレン1の段差 t_m 、及び位相シフトの厚さ t_s を求めると、 $t_m=1.57\mu\text{m}$ 、 $t_s=0.22\mu\text{m}$ となる。即ち、位相シフト3としてCrを0.22μm厚で設け、その部分のメンブレン1の孔を1.57μmの深さに掘り込めば良い。このX線マスクを用いれば位相シフト部を透過したX線と透過パターン部を透過したX線の、位相差が $\pm \pi$ radで強度が等しくなり、位相シフト効果が高まるため転写性能が向上する。

【0022】図6はこの様子を示すグラフ図である。図6(A)のグラフは本実施例の位相シフトマスクを透過した直後のX線の電場の分布である。シフトを透過したX線は位相が反転して、振幅はメンブレンのみを透過したX線と等しくなっている。マスクを透過したX線は数十μm離れたレジストを露光する。図6(B)のグラフはレジスト上のX線の電場の分布を、図6(C)のグラフはレジスト上のX線の強度の分布を示すものである。レジスト上のX線強度はX線の電場の2乗に比例する。図6(D)

(4)

特開平9-43829

5

のグラフはネガ型のレジストをこのマスクで露光した場合のレジスト断面形状を示す。このように本実施例の位相シフトマスクを用いると、先の図1に示したものに比べて、レジストに吸収されるX線の強度分布形状がシャープなものとなり、露光転写の解像力を大幅に向上させることができる。

【0023】本実施例のマスクの製造方法は次の通りである。まず、メンブレン表面にシフトパターンを電子ビーム描画とクロムのリフトオフ法によって形成する。次にメンブレン裏面にネガ型レジストを塗布しておいて表面から軟X線を照射してレジストパターンを得る。次にこのレジストパターンをマスクにメンブレンをエッチングして孔を設ける。最後にメンブレン表面に吸収体を電子ビーム描画とめっき法によって形成する。

【0024】＜実施例2＞図3は第2実施例のX線位相シフトマスクの拡大断面図を示す。本実施例ではメンブレン1表面に孔4を設けて、その孔4の底に位相シフト3を成膜している。メンブレン1は厚さ2μmの炭化シリコン(SiC)膜、吸収体2は厚さ1μmのタンタル(Ta)、位相シフト3はニッケル(Ni)である。

【0025】波長1nmのX線に対する各物質の屈折率は
SiC n=1 -0.000406 -0.000025i
Ni n=1 -0.00102 -0.000471i
である。

【0026】このとき、先の式(1),(2)から、最適なメンブレンの段差 t_m 、及び位相シフトの厚さ t_s を求めると、 $t_m=1.42\mu m$ 、 $t_s=0.08\mu m$ となる。即ち、メンブレンの孔4の深さを1.42μmとし、その中にシフト3としてNiを0.08μm設ければ良い。

【0027】＜実施例3＞図4は第3実施例のX線位相シフトマスクの拡大断面図を示す。本実施例ではメンブレン1の裏面に位相シフト3を設け、メンブレン1の表面の位相シフトパターンに対応する位置に孔4を形成している。

【0028】本実施例のマスクの製造方法は次の通りである。まず、メンブレン裏面に位相シフトを電子ビーム描画とリフトオフ法によって形成する。次にメンブレン表面にネガ型レジストを塗布しておいて裏面から軟X線を照射してレジストパターンを得る。次にこのレジストパターンをマスクにメンブレンをエッチングして孔を設ける。最後にメンブレン表面に吸収体パターンを形成する。

【0029】＜実施例4＞図5は第4実施例のX線マスクの拡大断面図を示す。本実施例ではメンブレン1の表面に吸収体2と位相シフト3を同一材料で設けている。メンブレン1の裏面には位相シフト3に対応する位置に孔4を形成している。メンブレン1は厚さ2μmの炭化シリコン膜、吸収体2は厚さ1μmのタングステン、位相シフト3は吸収体2と同一材料のタングステンである。

6

【0030】波長1nmのX線に対する各物質の屈折率は

SiC n=1 -0.000406 -0.000025i

W n=1 -0.0013 -0.00039i

である。

【0031】このとき、先の式(1),(2)から、最適なメンブレンの段差 t_m 、及び位相シフトの厚さ t_s を求めると、 $t_m=1.55\mu m$ 、 $t_s=0.1\mu m$ となる。即ち、位相シフト3としてWを0.1μm設け、その部分に対応したメンブレンの孔を1.48μmの深さで形成すれば良い。

【0032】本実施例のマスクの製造方法は次の通りである。まず、メンブレン表面にタングステンを1μmの厚さに成膜する。この上にレジストを塗布して吸収体パターンとシフトパターンを電子ビーム描画する。このとき吸収体パターンとシフトパターンとで露光量を変えて、吸収体パターン部ではレジストが厚くシフトパターン部ではレジストが薄く残るようにする。次にこのレジストパターンをマスクにドライエッチング法でタングステンをパターニングする。このときシフトパターン部ではレジストが薄いので、ドライエッチングの途中でレジストがなくなり、タングステンの一部もエッチングされる。このようにして吸収体とシフトパターンを同時に作製することができる。次にメンブレン裏面にメンブレンパターンを描画した後メンブレンをエッチングして孔を形成する。

【0033】本実施例では、シフトが吸収体と同一の材料で構成したので、マスク作成の際にシフト層を別に成膜する必要がなく、マスク製造の際の生産性が高い。

【0034】＜実施例5＞次に上記のマスクを用いたX線露光装置の実施例を説明する。図7はX線露光装置の全体図であり、図中、シンクロトロン放射線10の発光点11から放射したシートビーム形状のシンクロトロン放射光12を、僅かな曲率を有する凸面ミラー13によって放射光軌道面に対して垂直な方向に拡大する。拡大した放射光は移動シャッタ14によって照射領域内で露光量が均一となるように調整し、シャッタ14を経た放射光をX線マスク15に導く。X線マスク15は上記説明した実施例のいずれかで説明した方法によって作成したものである。ウエハ16はスピンコート法によって1μm厚のレジストを塗布し、既定の条件でプリベークを行ったもので、X線マスク15とは30μm程度の近接した間隔で配置している。ステッピング露光によって、ウエハ16の複数のショット領域にマスクパターンを並べて露光転写したら、ウエハを回収し、現像処理を行う。

【0035】＜実施例6＞次に上記X線マスクおよび上記X線露光装置を用いた微小デバイスの生産方法について説明する。ここでいう微小デバイスとは1CやLSI等の半導体チップ、液晶デバイス、マイクロマシン、薄膜真空ヘッドなどが挙げられる。以下は半導体デバイスの例を示す。

(5)

特開平9-43829

7

【0036】図8は半導体デバイスの生産の全体フローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したX線マスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0037】図9は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例の生産方法を用いれば、従来は難しかった高集積度の半導体デバイス*

* スを生産することができる。

【0038】

【発明の効果】本発明のマスクを用いれば、従来に比べて露光解像度を大幅に向上させることができる。このマスクを用いて露光を行えば従来以上に高精度なデバイスを生産することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例のX線位相シフトマスクの断面図である。

【図2】図1の部分的な拡大断面図である。

【図3】第2の実施例のX線位相シフトマスクの断面図である。

【図4】第3の実施例のX線位相シフトマスクの断面図である。

【図5】第4の実施例のX線位相シフトマスクの断面図である。

【図6】実施例の位相シフトマスクを用いた場合の作用を説明するグラフ図である。

【図7】X線露光装置の実施例の全体構成図である。

【図8】半導体デバイス生産の全体フローを示す図である。

【図9】ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

【図10】従来のX線位相シフトマスクの断面拡大図である。

【図11】従来の位相シフトマスクの作用を説明する図

【符号の説明】

- 1 メンブレン（X線透過膜）
- 2 吸収体パターン
- 3 位相シフタ
- 4 メンブレンに設けた孔
- 5 フレーム

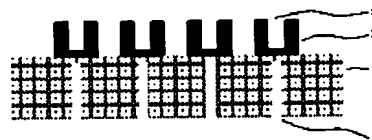
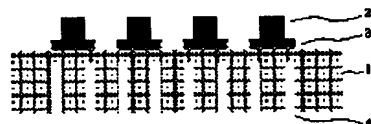
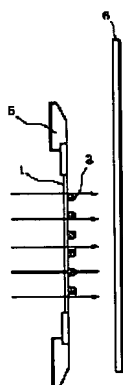
【図1】

【図2】

【図3】

【図4】

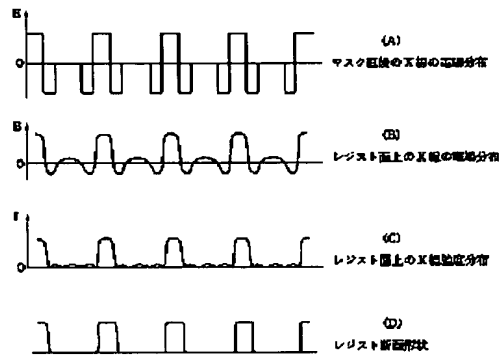
【図5】



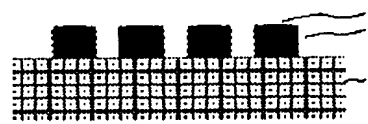
(6)

特開平9-43829

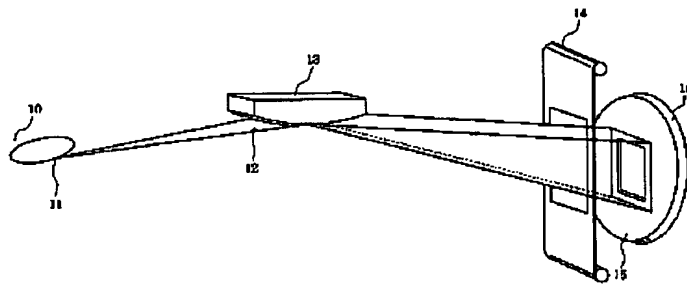
【図6】



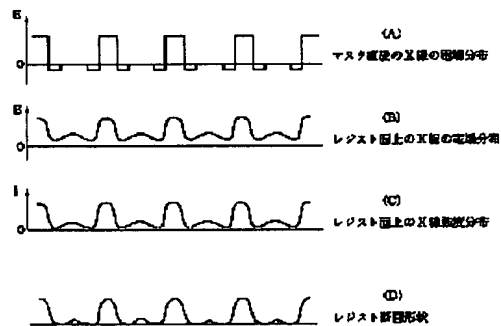
【図10】



【図7】



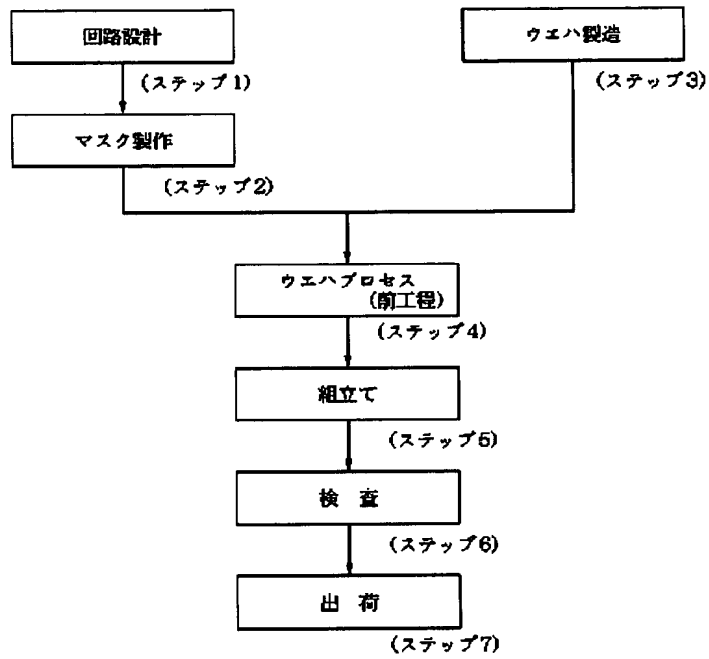
【図11】



(7)

特開平9-43829

【図8】

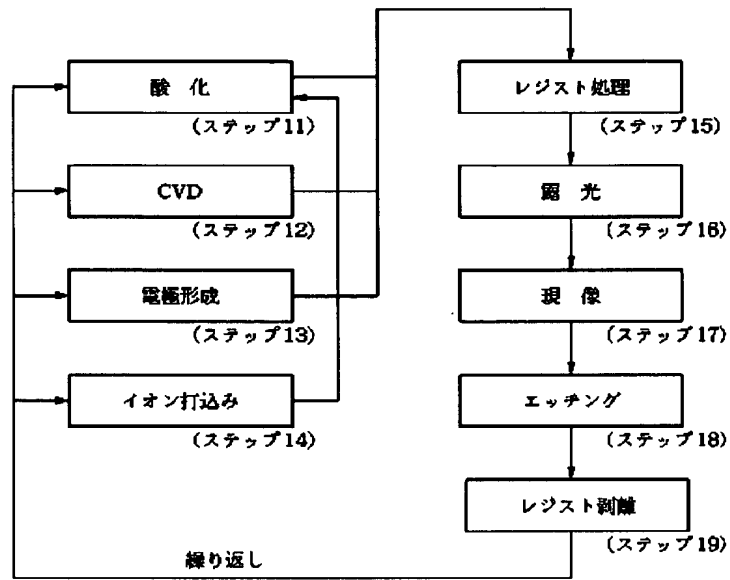


半導体デバイス製造フロー

(8)

特開平9-43829

【図9】



特開平9-43829

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成13年1月26日(2001.1.26)

【公開番号】特開平9-43829
 【公開日】平成9年2月14日(1997.2.14)
 【年通号数】公開特許公報9-439
 【出願番号】特願平7-197543
 【国際特許分類第7版】

G03F 1/08
 1/16
 H01L 21/027
 [FI]
 G03F 1/08 A
 1/16 A
 H01L 21/30 502 P
 528

【手続補正音】
 【提出日】平成11年12月14日(1999.12.14)

【手続補正1】
 【補正対象音類名】明細書
 【補正対象項目名】特許請求の範囲
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【特許請求の範囲】

【請求項1】 吸収体パターンを支持する透過体に、該吸収体よりも放射線吸収率が小さい位相シフトを設け、該位相シフトを設けた部位の透過体の厚さを他の場所より薄くしたことを特徴とするマスク。

【請求項2】 位相シフトが設けてある部分を透過した放射線と、透過体のみの部分を透過した放射線とが、強度がほぼ等しく且つ位相がほぼπラジアン異なるように設定していることを特徴とする請求項1記載のマスク。

【請求項3】 透過体の厚さの異なる部分の段差をt_m、位相シフトの厚さをt_s、透過体の複素屈折率を1-

$\delta m - i k m$ 、位相シフトの複素屈折率を1- $\delta s - i k s$ 、放射線の波長をλとしたとき、

$t_m = \pm k s \times \lambda / (2 \times (k m \times \delta s - k s \times \delta m))$

$t_s = \pm k m \times \lambda / (2 \times (k s \times \delta m - k m \times \delta s))$ (複号同順)

の関係をほぼ満たすことを特徴とする請求項2記載のマスク。

【請求項4】 吸収体と位相シフトを同一材料としたことを特徴とする請求項1～3のいずれか記載のマスク。

【請求項5】 放射線はX線もしくは真空紫外線であることを特徴とする請求項1～4のいずれか記載のマスク。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか記載のマスクを用いてウエハにパターンを露光転写転写する手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項7】 請求項1～5のいずれか記載のマスクを用いてデバイスを生産することを特徴とするデバイス生産方法。